中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）47(3)：315～326（1998）

探針注入式深層施肥機之研製及試驗改良[1]

譚奇才[2] 梁連勝[2] 張庚鵬[3]

摘要：台灣耕地中酸性土壤之分佈很廣，其中三分之一屬於強酸性(PH<5.5)。而山坡地部份，有三分之二亦屬於強酸性。爲改良酸性土壤通常以苦土石灰及氧化鎂作爲改良資材，以提高土壤中鎂及鈣之含量。對於苦土石灰等改良介質之施用，在果園傳統上均採撒施或溝施；但因鎂鈣等元素在土壤中移動性不佳，採用撒施或溝施無法得到與土壤均勻混合之結果，致無法達到土壤改良之預期效果。但如果將其懸浮液直接注入土壤中，經試驗證實有良好之效果。本所自民國八十三年七月起，歷經四年之時間，於第一年完成具有四支探針組之探針注入式深層施肥雛型機一台，該雛型機每支探針具有最大 75 公斤之土壤穿透力，機高 160 公分。第二年將四支探針組之土壤穿透力提高爲 150 公斤，並將探針組修正爲二支之改良型。復依據田間試驗分析結果，在第三年將施肥機之總高度調整爲 109 公分。爲因應久旱不雨及久未耕犁之果園特殊環境需要，於最後一年以附掛方式加裝可拆卸具有 300 公斤土壤穿透力之探針一支，以與原機型搭配使用。同時將原有搖桿式手動操作施肥作業系統方式改良爲電動按鈕式，以減少操作誤動之機率及簡化作業步驟。

關鍵詞：探針、注入式、深層、施肥機。

前　言

在台灣八十六萬公頃的耕地面積中有三分之一屬於強酸性(PH<5.5)，而山坡地土壤酸性更強，全省八十九萬公頃之坡地中有三分之二屬於強酸性。改良酸性土壤，通常以苦土石灰及氧化鎂作爲改良介質，以提高土壤中鎂及鈣之含量。在果園對於該土壤改良劑之施用，傳統上均採撒施或溝施。但因鎂鈣等元素在土壤中移動性不佳，採用撒施或溝施無法得到與土壤均勻混合之結果，致無法達到土壤改良之預期效益；唯若將改良劑懸浮液直接注入土壤中，經試驗證實有良好之效果。

基於前述原因，本所自民國八十三年七月起，進行探針注入式深層施肥裝置之開發，以應需要。施肥機爲各種作物栽培之重要設備，然而施肥機之種類衆多，深層施肥機亦然；如以作業方式分類，則可大致分別爲溝施式、撒施及定點施三大類。本計畫開發之探針注入式深層施肥裝置屬於圓孔定點施。有關圓孔式機型，國立中興大學農業機械工程學系彭錦樵教授[(1)]於民國 72 年自日本引進岩谷牌噴氣式深耕管理機進行試驗及改良。該機計包括引擎及空氣壓縮機各一台，另有深耕機本體由高壓管與空氣壓縮機連結。該機本體之作業原理及構造與一般振動式空氣鑽類似，下端具有長 60 公分中空圓鐵管一支。當操作者雙手握住把手，利用高壓空氣所產生之振動力鑽進土中 25 公分處 (最深可達 45 公分)，此時啓動開關，每平方公分 10 公斤之高壓空氣於瞬間噴出，使土層形成裂縫以改善土壤之物理性。該機後經改良，亦可施放肥料如石灰等。

---

1. 台灣省農業試驗所研究報告第 1954 號。
2. 本所農業工程系技士、研究員兼主任。台灣省　台中縣　霧峰鄉。
3. 本所農業化學系助理研究員。

國立臺灣大學農業機械學系劉昆揚教授曾以三輪式翻斗車之底盤，加裝小型汽油發電機一台及走行傳動裝置等，機台前方安裝一台電鑽，該電鑽能在一定軌道內上下移動。作業時，打開開關，電鑽即會產生振動；電鑽鑽頭外另固定一圓筒刀，圓筒刀之直徑在一定範圍內可按需要選用。電鑽向土中移動，即會在土中挖一直徑與圓筒刀相同之洞穴，深度約十公分。據指稱，該機最適合用來修補草皮及草皮施肥。

前述二種機械具有共同之處，其一爲鑽孔之動力均靠振動產生，由振動而使機械在土中完成挖孔作業；其二爲每次均只能完成一孔。其不同之處則爲：前者採用壓縮空氣，而後者則採用電能。另外前者所鑽之孔小而深，而後者則大而淺；其作業方式，前者用雙手直接控制鑽孔深淺，後者則靠開關控制，以避免操作者過於疲勞。

本計畫所需之施肥機功能希望能達到一次至少鑽二孔，不用人手直接操作，且能大量提供肥料懸浮液以注入深層土壤中，因此必須另行設計及研製。

材料與方法

一、試驗機之設計與製造

本計畫規劃初期，實地調查台中縣新社鄉地區果園環境，該處果園係在一年內曾經犁耕過，土壤表層較鬆軟。當時所採用之探針爲不鏽鋼管，外徑爲 12.5 公厘，內徑爲 10.5 公厘，長 80 公分，尖端另固定有錐形頭一個。錐形頭上部共有直徑 2 公厘小孔二個，供射出溶液之用。試驗時操作者用雙手握柄將探針垂直或斜向插入土中，插入深度約爲 30 公分時，所需之作用力大約爲 35 公斤．在梨、桃、柑橘、葡萄等果園試驗結果大致相同。根據此一調查結果作爲規劃與設計之參考。

本試驗機結構計分爲以下三大部分：

㈠承載行走部：

以市售小金鋼牌CH-75 型農用搬運車爲底盤，車長 272 公分，寬 116 公分，高 121 公分，重 290 公斤；所搭載汽油引擎額定馬力爲 5.5 馬力，最大載重爲平地 500 公斤，坡地 200 公斤，亦即平地時該農地搬運車之總重量最高可達 790 公斤，但坡地時最高不得超過 490 公斤。

㈡深層灌水部：

採用活塞式單向流動泵，另加裝最大容量 200 公升不銹鋼桶一座與攪拌器一組，將鈣鎂等與水充分混合。本機採用之泵爲 WP-451 型活塞式動力噴霧機，機長 39.7 公分，寬 30.8 公分，高 36 公分，重 13 公斤。本深層施肥試驗機設計之回轉數爲每分鐘 550 轉時，噴霧機之吸水量爲每分鐘 17.3 公升，壓力爲每平方公分 40 公斤，所需汽油引擎馬力爲 4 馬力，由於試驗機在果園作業時，車輛約有一半以上時間處於靜止狀態，原承載行走部所搭載汽油引擎額定馬力爲 5.5 馬力之汽油引擎應尙可應付泵作業所需要之動力。因此，本機所需之動力係與農地搬運車內原有之 5.5 馬力汽油引擎共用。另自製葉片式攪拌器一組，垂直安裝於不銹鋼桶內，並利用原油壓驅動。本葉片式攪拌器可將溶液充分混合，以利注入作業之進行。

㈢油壓式探針插入裝置：

此一部份爲本試驗機設計之重點，初步設計完成之探針插入裝置具有四支內外徑各爲 6 公厘與 15 公厘，長 50 公分厚鋼管製探針，以機械之受力爲考慮重點。爲因應作業應力變化，探針直徑與管壁須予適當選擇。探針尖端亦固定有與探針直徑相同之圓錐形鐵頭一個，圓錐形鐵頭上部共有直徑 3 公厘小孔三個，每孔相距 120 度，使水溶液能自不同方向均勻注入土中，形成一個面的分佈。小孔直徑由原來 2 公厘擴大爲 3 公厘，主要在避免被苦土石灰等之粒狀物堵塞。探針尖端亦固定有與探針直徑相同之錐形鐵頭一個，並經過熱處理，以提高其硬度及增加耐磨性(如圖 1)。作業時當探針到達目標區後，由操作者或利用自動控制方式啓動開關，將高壓

之懸浮液瞬間噴出，達到深層施肥的目的。四支探針呈正方形排列，各探針相距 50 公分，可同時插入表土下層 30 公分處（最深爲 40 公分）。每一探針預計每次注入苦土石灰及氧化鎂混合懸浮液一公升，四支共四公升。

此種探針頂端均安裝有過負荷安全裝置，當土壤中遇有石塊等堅硬物體時，探針會自動跳脫，以減少損壞。該安全裝置之承受壓力可視實際需要自行設定，初期每支探針設定之最大承受壓力爲 75 公斤，常用壓力預定爲 50 公斤。本探針插入裝置安裝在機台後端，並可左右移動，使探針能插入預期之位置。油壓部份計有容量五十公升之油箱及油壓泵各一個。油壓泵在每分鐘 1800 轉時，每分鐘之出油量爲 30 公升，最大壓力爲每平方公分 70 公斤。另有直徑 40 公厘、行程 50 公分油壓缸(供探針升降用)；及直徑 20 公厘、行程 20 公分油壓缸(供探針插入裝置上下擺動用)各一支。由於本機探針尖端離地僅 10 公分，且一般果園並非平坦，試驗機移動時探針組極易受損，設計擺動機構使探針裝置向上最大迴轉角度爲 90 度，與地面平行，以保護探針系統，圖 2 爲探針組油壓系統示意圖。所需油壓動力由另一汽油引擎提供，該引擎常用馬力爲 5 馬力，轉數爲 1800rpm，該引擎並驅動不銹鋼桶內之攪拌器，初步試製完成之雛型機如圖 3 所示。

結果與討論

一、雛型機田間試驗

試驗用雛型機於民國八十四年四月間研製完成後，在本所農場內進行初期田間試驗，但因本所農場過去爲河川地，土層厚度有限。將每支探針之作用力設定爲 50 公斤或 75 公斤（作業壓力爲每平方公分 28.29 公斤或 42.44 公斤），每支探針插入土層之深度亦僅達 10 公分至 15 公分左右。旋在附近山邊果園進行試驗，情況雖略有改善，但插入深度仍不穩定。本裝置經初步試驗顯示，在比較鬆軟之果園土壤中作業時，可輕易插入表土下 30 公分目標區，但如果果園屬重粘壤土，或久未下雨，或多年未再犁耕地，則不易插入目標區。根據試驗結果，爲因應不同土壤條件下作業之需，每支探針之作業壓力設定，必須要予以適當提高。其主要規格如表 1。

表 1. 探針注入式深層施肥雛型機主要規格表
Table 1. Basic Data of the Needle Type Subsoil Liquid Fertilizing Injector

本　　機	全長 全寬 全高 全重	334 公分 135 公分 160 公分 565 公斤
探　　針	規格 數量 最大插入深度 設定插入深度	直徑 20 公厘 X 長 530 公厘 4 支 38 公分 30 公分
行 走 部	農用搬運車	CH-75 型
供 水 部	噴霧機 水箱最大容量	W-451 型 200 公升
油 壓 部	油壓泵 最大容量 油箱容量	30 公升/分鐘、 1800rpm 70 公斤/平方公分 50 公升
動 力 部	行走及供水 探針及攪拌	5.5 馬力汽油引擎 5.0 馬力汽油引擎

二、雛型機之改良與試驗

民國八十四年七月起，進行雛型機之改良工作，並以探針插入裝置爲重點，經過規劃、設計及製造，最後完成了一組全新的探針插入裝置。新的探針插入裝置與原設計最大不同處有三：第一爲新探針使用內外徑分別爲 11 公厘及 20 公厘，長 50 公分之厚鋼管，以便能承受較大之壓力。第二爲新的簡易機械式安全裝置每組所能承受之最大作用力可達 150 公斤（每平方公分 47.75 公斤之作用壓力）。第三爲加強整個插入裝置機構強度，以便能承受較大壓力。改良完成之試驗機如圖 4 所示。將改良後之試驗機在本所農場及附近山坡地果園進行試驗，情況已大爲改善，作業情形如圖 5 所示。

本次改良，每支探針均同時承受 150 公斤之作用力，此時四支探針所承受之總作用力高達 600 公斤。但試驗機之總重量爲 565 公斤，加上滿載 200 公升之水溶液，試驗機之總重量約爲 765 公斤。而整套油壓式探針插入裝置係安裝在試驗機本體機台之後方，並非安裝在試驗機之中央，因此；試驗機之總重量所能平衡探針插入裝置之反作用力，經實測結果大約在 350 公斤至 380 公斤左右，仍舊無法應付地面對三支探針所產生之阻力。如勉強爲之，此時試驗機之二個後車輪或一個後車輪將會懸空，如在平地，不僅試驗機無法作業，整個探針插入裝置及油壓缸均將受損；如在山坡地，則試驗機可能翻覆，造成作業意外。因此；在現有架構下，如果不能增加試驗機之重量，則探針插入裝置上之探針數目，必須加以調整。

三、第一型試驗機之改良與田間試驗

根據雛型機之設計分析結果，試驗機之總重量已無大幅增加之空間，勢須重新調整探針數目。配合探針數減少爲二支，並另行設計、製造插入裝置與機械式安全裝置機構。新探針插入裝置在結構上已大幅簡化，體積變小，重量亦略爲減輕，對於此後機械在行進中的穩定性，有正面的效果。經改良後之試驗機，於民國八十五年五月下旬，前往台中縣新社鄉崁頂葡萄果園進行深層施肥試驗，其中懸浮液成份爲水 150 公升，硫酸鎂 30 公斤，苦土石灰 30 公斤。探針規格爲直徑 20 公厘，長度 500 公厘，每支探針最大承受壓力爲 150 公斤（每平方公分 47.7 公斤），最大插入土層深度爲 40 公分，懸浮液注入土層中之速率爲每分鐘 16 公升。本次試驗，因果樹基部略高，行間略低，呈斜坡狀，致探針離基部最近的一支可插入土層中 40 公分處，另一支一般僅可插入 35 公分處。注入深度因果樹種類不同而異，但在葡萄果園中，插入土層深度以 30 公分爲宜。又探針插入土層目標區所需時間爲 8 秒，如在底部不作停留，則注入一次共需時間 15 秒。經測得每支探針 15 秒內可注入懸浮液 4 公升，二支合計 8 公升。本施肥機採全層施肥，當探針接觸表土時懸浮液即開始自探針前端小孔射出，至探針上昇後停止。故各層土壤均附有懸浮液，使懸浮液能均勻分佈於各土層。

本次試驗係將探針先沿某行葡萄果樹之一側進行施肥，作業時內側之探針與果樹基部相距 50 公分，外側另一支探針則與果樹基部相距 100 公分。二支探針組之插入方向與果樹之行向垂直，當探針組沿果樹一側插入土壤並完成作業後，施肥機則前進或後退 1.5 公尺，然後進行另一次深層施肥作業，如此週而復始，至全面作業完成爲止。本施肥機目前之肥料箱最大容量爲 200 公升，每次實際盛入之清水量爲 150 公升。依照試驗每完成一次插入作業共需懸浮液 8 公升，則 150 公升共可供插入 18 次，或直線距離 27 公尺。本施肥機之作業走行速度爲每分鐘 3 公尺，或每小時 180 公尺。本深層施肥機之構造如圖 6，圖示該機正在葡萄園中進行田間試驗。其主要規格如表 2，在葡萄果園進行施肥試驗之結果如表 3 及表 4。

表2. 改良後探針注入式深層施肥機主要規格表

Table 2. Basic Data of the Improved Needle Type Subsoil Liquid Fertilizing Injector

本　　機	全長 全寬 全高 全重	332 公分 135 公分 160 公分 545 公斤
探　　計	規格 數量 最大插入深度 設定插入深度	直徑 20 公厘 X 長 530 公厘 2 支 40 公分 30-40 公分
行 走 部	農用搬運車	CH-75 型
供 水 部	噴霧機 水箱最大容量	W-451 型 200 公升
油 壓 部	攪拌器型式 油壓泵最大容量 最大壓力 油箱容量	直立葉片式 30 公升/分鐘、 1800rpm 70 公斤/平方公分 50 公升
動 力 部	行走及供水 探針及攪拌	5.5 馬力汽油引擎 5.0 馬力汽油引擎

表 3. 改良後探針注入式深層施肥機果園施肥試驗

Table 3. Basic Experimental Data of the Improved Needle Type SubsoilLiquid Fertilizing Injector testing in the Grape Orchard

試驗日期：85 年 5 月 22	試驗地點：台中縣新社鄉崁頂
果園種類：葡萄園	果園長寬：長 102 公尺 寬 40 公尺
果園面積：0.408 公頃	天　氣：陰
果樹行距：4 公尺	果樹株距：1.7—3.5 公尺
總 行 數：9 行	每行株數：20 株
總 株 數：180 株	棚架高度：180 公分
懸浮液成份	水 150 公升　硫酸鎂 30 公斤　苦土石灰 30 公斤
每桶每次裝入懸浮液量	178 公升
懸浮液壓力	35 kg/cm^2
探針插入土層中停留總時間	15 秒鐘/每次
探針每次作業射出懸浮液量	4 公升/每 15 秒鐘
探針插入孔距果樹基部行距線最近距離	50 公分
探針插入孔距果樹基部行距線最遠距離	100 公分
探針插入孔組間距離	1.5 公尺
探針插入土層深度	35--44 公分
施肥機作業中走行速度	3 公尺/分鐘 180 公尺/小時
每桶懸浮液可供注入土層次數	18 次
每桶懸浮液可涵蓋果園直線距離	27 公尺

表 4. 硫酸鎂及苦土石灰混合水溶液重量體積測試表

Table 4. Capacity and Weight of the mixed solution of Magnesium Oxide and Calcium Powder

測試日期	85 年 5 月 20 日	
測試地點	本 所	
天氣	晴	
氣溫	28℃	
肥料種類	硫酸鎂顆粒	苦土石灰粉末
30 公斤體積(乾)	36 公升	33 公升
30 公斤水溶液體積	17 公升	11 公升
單位體積重量	833.33 公克 / 公升	909.09 公克 / 公升
單位重量體積	1.2 公升 / 公斤	1.1 公升 / 公斤
單位重量水溶液體積	0.567 公升 / 公斤	0.367 公升 / 公斤

四、第二型試驗機之改良與田間試驗

民國八十五年五月間在台中縣新社鄉葡萄園進行深層施肥試驗，果農反應良好。唯同年六月間在梨園進行深層施肥試驗時，則由於梨樹樹冠呈 Y 形，且樹幹基部至分枝間之高度僅 30 公分至 60 公分不等，離樹幹基部 50 公分處之空間高度亦僅 120 公分左右，而施肥機高度爲 160 公分產生干涉致效果不彰。若本深層施肥機需在梨園中使用時，其高度必須大幅降低。

經再度改良後之深層施肥機，其最大高度爲 109 公分，不銹鋼桶長 60 公分、寬 95 公分、高 55 公分，最大容量 300 公升；探針插入裝置高度則減爲 100 公分。並以十三馬力之汽油引擎取代原有之七馬力汽油引擎。另外活塞式單向流動泵則自機台下方右側移至左側，以資配合。本次改良，爲因應探針插入裝置高度之調整，經分析結果改用二段式油壓缸，但總行程應不少 50 公分。本次改良共採用二支行程均爲 30 公分之油壓缸並排使用，其中第一支固定在可搖擺之方軸上，與原來的設計及構造不變，另第二支則安裝在第一支油壓缸的方型導管中，與第一支油壓缸併列。又第一支油壓缸下方活塞桿端固定有板座一個，第二支油壓缸固定在板座的另一端，探針組則固定在第二支油壓缸下方活塞桿端。當探針組插入土中時，二支油壓缸同時伸出，總伸出長度爲 60 公分，較原來單支油壓缸總伸出長度爲 50 公分尚多出 10 公分。

本深層施肥機改良研製完成後旋於民國八十六年六月在台中縣和平鄉環山梨園進行深層施肥試驗，該處梨園均設置在陡坡之上。供試梨園坡度較緩，且順著山勢開闢成等高梯田，梯田寬度各不相同，大約在 180 公分至 250 公分之間。果園土質爲小塊頁岩狀之石礫土，土質較鬆軟。經實地深層試驗結果，二支探針施力各達 150，插入土層 40 公分處，液態肥料在土壤中之分佈亦甚均勻，以機械功能而言符合設計目標。圖 7 爲該機在梨園中施肥情形。

經在梨園試驗後，另進行葡萄園試驗；試驗中發現該處葡萄果園自民國八十二年間用耕耘機耕整地後未再耕犁，加之久未下雨，地表硬實，本深層施肥機雖具有二支各可施力達 150 公斤之探針，但僅可插入 5 至 10 公分之處。顯見對堅硬土質，本施肥機在設計上仍須再加以適度之改良。

五、試驗機之最後改良、定型與田間試驗

根據上述，本施肥機雖二支探針之施力可達 150 公斤，在一般及正常情況下作業裕如；但如果久旱不雨，或土壤久未耕犁，則探針仍無法插入土壤預定深度，達成深層施肥之目的。因此必須加以必要之改良，以資因應此等特殊狀況。緣此，以另行安裝一支可拆卸、且最大受力可達 300 公斤之探針

取代原探針組進行作業。使用後，再將原有之二支 150 公斤探針組回歸原位恢復原設計型式。本機除加裝 300 公斤之探針一支及其相關設備外，爲改善及簡化操作程序，將原有搖桿式手動操作方式改良爲電動按鈕式，以減少操作誤動之機率及簡化作業步驟。該項改良亦已完成。最後完成之機型如圖 8 所示。

結論與建議

本探針注入式深層施肥機所設計之機構應力求簡單，結構力求堅固，售價尤應能在果農接受範圍以內爲考量之原則。本計畫實施初期原訂目標爲每組探針共 4 支，每支每次可注入懸浮液 1 公升，4 支合計 4 公升。經重復試驗與改良後，目前之新設計僅採用 2 支探針，每次注入之懸浮液量可達 8 公升，爲原設計之一倍，不僅效率大幅提高，機械結構亦已簡化，製造成本得以降低。

本施肥機改良定型後，高度已大幅降低，使用之範圍大增，除可達成原有之目的改良果園及其他農田土壤外，對其他作物如茶園，亦可應用裕如，以提升本機之使用率。

引用文獻

1. 彭錦樵。1983。噴氣式深耕機最佳作業條件之研究。中國農業工程學報 29(4)。
2. 彭錦樵。1987。深層鬆土施肥（藥）機其地下施肥（藥）自動定量控制裝置之改良與試驗。中國農業工程學報 33 (4)。

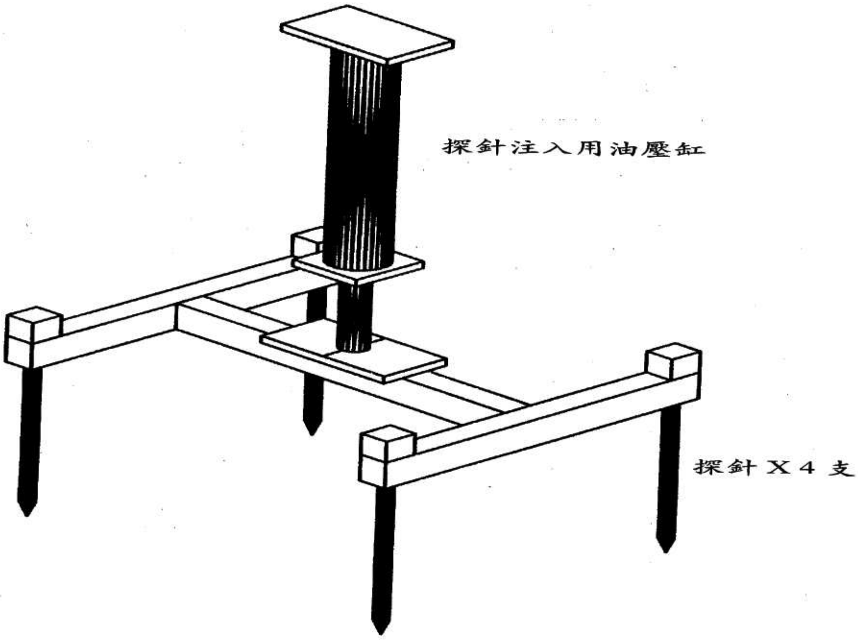

圖 1. 深層施肥機探針組成機構
Fig.1. The layout of test of the needle type subsoil fertilizer injector

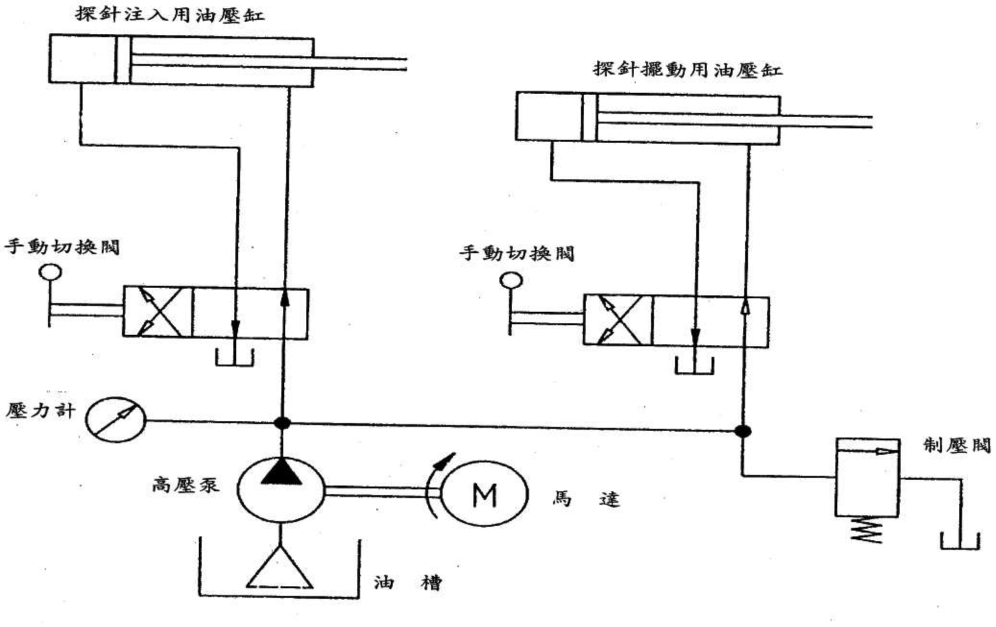

圖 2. 深層施肥機油壓系統示意圖
Fig.2. View of the hydraulic loop of the needle type subsoil fertilizer injector

圖 3． 探針注入式深層施肥雛型機田間施肥試驗

Fig.3. Field test of the needle type subsoil fertilizer injector

圖 4． 探針注入式深層施肥雛型機經改良完成之試驗機

Fig.4. View of the modified pilot needle type subsoil fertilizer injector

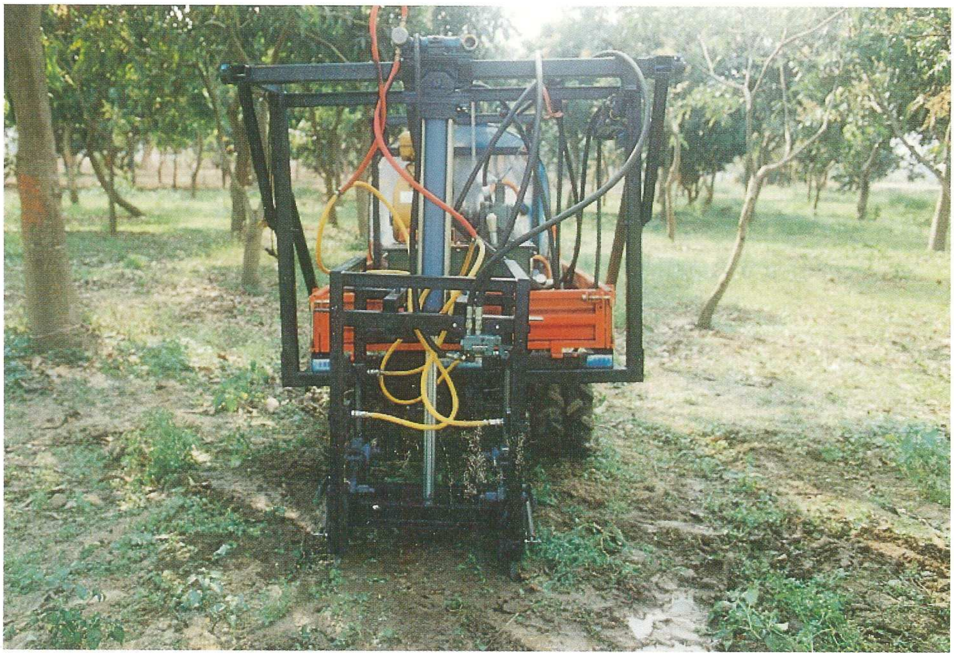

圖 5． 探針注入式深層施肥試驗機在果園施肥試驗

Fig.5. Field test of the modified needle type subsoil fertilizer injector

圖 6． 第二型深層施肥試驗機在葡萄果園進行施肥試驗

Fig.6. Field test of the improved needle type Subsoil fertilizer injector in grape orchard

圖 7． 第二型改良深層施肥試驗機在梨園進行施肥試驗

Fig.7. Field test of the improved needle type Subsoil fertilizer injector in pear orchard

圖 8． 最後定型深層施肥試驗機

Fig.8. View of the needle type subsoil fertilizer injector

The Development and Improvement of Needle Type Liquid Fertilizer Subsoil Injector[1]

Chi-Tsai Tan[2], Lien-Sheng Liang[2] and Geng-Peng Chang[3]

Summary

The soil of most farm fields in Taiwan is acid. Among the farm fields, about one third of them are categorized as strongly acid soil (pH value less than 5.5). As to the slope land, about two thirds of it is more acid than that of arable farm fields. The generally applied method to improve this kind of acid soil in Taiwan is to adopt powders of calcium and magnesium oxide. Traditional methods to put Ca and Mg into the soil, especially in the orchard, are powder spreading over the land surface and powder-burying in a number of furrows. Howeever, by these traditional methods, the applied powders are not easily and uniformly distributed into the subsoil due to the poor mobility of Ca and Mg powders in the soil. To seek a replacement solution, the result from the Department of Agricultural Chemistry of TARI that the solution injecting of Ca and Mg powders into the subsoil is better than the traditional methods give a promising clue. In this study, a solution-injecting based machine was developed and tested from July 1994 to June 1998. In the first year, a pilot needle-type subsoil liquid fertilizer injector consisting of four needles was first developed with a maximum compressive force of 75 kg to the ground for each needle and a total height of 160 cm. The maximum compressive force of each needle to the ground of this fertilizer injector was increased to 150 kg in the following year. To improve its injection performance in tough fields, another new model with only two needles having the same maximum compressive force was then manufactured. However, in order to fit this new model to low branches of pear orchard, the total height of the machine was reduced from 160 cm to 109 cm during the third year. In the last year of this project, for the purpose of dealing with really tough soil, a third needle with a maximum compressive force of 300 kg to the ground was added in the middle of the original two needles. This third needle can be easily installed or removed from the machine. The control system of the last version machine was also changed from by a hand -lever to by an electric button so that simplified operations without miss-action can be achieved.

Key words：Needle-type, Injected, Subsoil, Fertilizer injector.

---

1. Contribution No. 1954 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Junior specialist, Senior Engineer and Head of the Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant soil scientist, Department of Agricultural Chemistry, TARI.